

**KAJIAN KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON  
DALAM KONDISI *COLD JOINT* PADA BETON  
DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH***

**Naskah Publikasi**

**Diajukan Kepada  
Program Magister Teknik Sipil  
Sekolah Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh  
Gelara Magister dalam Ilmu Teknik Sipil**



**Oleh :**

**ARI GUNAWAN  
S100130039**

**SEKOLAH PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**KAJIAN KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON  
DALAM KONDISI *COLD JOINT* PADA BETON  
DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH***

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

**ARI GUNAWAN**  
**S100130039**

Telah disetujui dan diperiksa untuk diuji oleh:

**Pembimbing I**



**Dr. Mochamad Solikin, S.T.,M.T.**

**Pembimbing II**



**Ir. H. Ali Asroni, M. T.**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KAJIAN KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON  
DALAM KONDISI *COLD JOINT* PADA BETON  
DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH***

**OLEH**

**ARI GUNAWAN**

**S100130039**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**


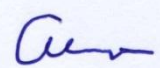
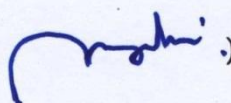
**Program Studi Magister Teknik Sipil**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari Kamis, 27 Oktober 2016**

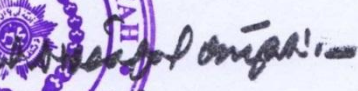
**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji**

1. Mochamad Solikin, S.T., M.T., Ph.D. (  )  
(Pembimbing I)
2. Ir. H. Ali Asroni, M. T. (  )  
(Pembimbing II)
3. Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. (  )  
(Penguji I)

**Direktur**



  
**Prof. Dr. Khudzaifah Dimiyati**



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Oktober 2016



Penulis

**Ari Gunawan**

**S100130039**

# **KAJIAN KUAT LENTUR DAN KUAT TEKAN BETON DALAM KONDISI *COLD JOINT* PADA BETON DENGAN BAHAN TAMBAH *FLY ASH***

## **ABSTRAK**

Pada pekerjaan bangunan berbahan beton dengan pengerjaan yang lama tentu terdapat sambungan pengecoran beton yang bisa di akibatkan oleh terjadinya *blocking* pada pipa *concrete pump*, kerusakan jalur *mixer* yang dapat memperlambat proses pengecoran, jarak *batching plan* dengan lokasi yang terlalu jauh, dan juga karena kapasitas *Batching Plan* yang tidak dapat memenuhi permintaan pengecoran. Sehingga terbentuk lapisan beton yang non homogen akibat pengecoran dengan rentang waktu yang lama antara lapisan awal dengan lapisan beton berikutnya. Pada saat pembukaan bekisting akan terlihat alur pada beton tersebut yang disebut dengan kondisi *cold joint*. *Fly ash* mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik sehingga diharapkan mampu meningkatkan kekuatan beton dalam kondisi *cold joint*. Berdasar hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat lentur dan kuat tekan beton dalam kondisi *cold joint* dengan bahan tambah *fly ash* serta mengetahui pengaruh waktu pengecoran antara cor yang lama dengan cor yang baru. Persentase *fly ash* yang digunakan sebesar 30% terhadap semen. Pembuatan sampel dengan beberapa perbedaan waktu ikat (*Setting Time*) untuk *cold joint* adalah 0 menit, 45 menit, 75 menit, 120 menit, dan 180 menit. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat tekan dengan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, sedangkan untuk kuat lentur menggunakan benda uji balok beton dengan ukuran lebar 15 cm, tebal 15 cm, dan panjang 53 cm. Metode perencanaan campuran beton menggunakan metode *American Concrete Institute*. Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, maka didapat hasil bahwa hasil pengujian kuat tekan beton maksimum tercapai pada kondisi beton normal sebesar 25,616 MPa. Penambahan *fly ash* sebesar 30% tidak menambah kuat tekan beton sehingga kuat tekan beton semakin menurun seiring dengan semakin lamanya waktu sambungan. Kuat tekan minimum terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 30% dengan waktu sambungan 180 menit sebesar 18,636 MPa. Kuat lentur balok beton pada beton normal menghasilkan kuat lentur sebesar 8,400 MPa. Kuat lentur balok beton maksimum dari yang diteliti tercapai pada variasi penambahan *fly ash* 30% dengan waktu sambungan 0 menit sebesar 9,956 MPa atau meningkat 18,52 % daripada beton normal, dan setelah variasi penambahan *fly ash* 30% dengan waktu sambungan lebih dari 0 menit kekuatan beton cenderung mengalami penurunan. Dengan demikian, semakin lama waktu penyambungan beton akan menyebabkan penurunan kuat lentur balok. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* tidak menambah kekuatan tekan beton tetapi penambahan *fly ash* meningkatkan kekuatan lentur beton. Semakin lama waktu sambungan beton akan semakin menurunkan kekuatan betonnya.

**Kata kunci :** *kuat lentur, kuat tekan beton, fly ash, cold joint*

# **STUDY OF STRONG FLEXIBLE AND STRONG PRESS CONCRETE CONDITION COLD JOINT IN CONCRETE ADDED INGREDIENTS WITH FLY ASH**

## **ABSTRACT**

At work of buildings made of concrete with the workmanship that time there must be a connection concrete casting that can result from the occurrence of blocking the pipe concrete pump, damage track mixer that can slow down the process of casting, distance batching plan with a location too far, and also because the capacity Batching Plan which can not meet the demand of the foundry. Forming a non-homogeneous concrete layer due to casting with a long time span between the initial layer with a layer of concrete the next. At the opening of the formwork will be visible groove in the concrete with a condition called cold joint. Fly ash has a high content of cementitious materials and have pozzolanik properties that are expected to improve the strength of concrete in cold conditions joint. Based on this, the study aims to determine the bending strength and compressive strength of concrete in cold conditions joint with added material fly ash as well as determine the effect of time between the foundry cast the old with the new cast. The percentage of fly ash are used by 30% of the cement. Sample preparation with some differences when tied (Setting Time) to cold joint is 0 minutes, 45 minutes, 75 minutes, 120 minutes and 180 minutes. Overview analysis of this study is the compressive strength of concrete cylinders with a specimen diameter of 15 cm and a height of 30 cm, whereas for flexural strength of concrete beams using a specimen with a width of 15 cm, 15 cm thick and 53 cm long. Concrete mix design method using the American Concrete Institute. After testing and research, so the result is that the concrete compressive strength test results maximum is reached under conditions of normal concrete amounted to 25.616 MPa. The addition of 30% fly ash does not increase the compressive strength of concrete so that the concrete compressive strength declines as the length of time the connection. The minimum compressive strength occurred in the addition of fly ash by 30% to 180 minutes connection time of 18.636 MPa. Flexural strength of normal concrete beam on concrete produces flexural strength of 8,400 MPa. Maximum concrete beam flexural strength of the observed variation is reached on addition of 30% fly ash with a connection time of 0 minutes at 9.956 MPa, an increase of 18,52 % than normal concrete, and after the addition of fly ash variation of 30% with a connection time of more than 0 minutes strength concrete tends to decrease. Thus, the longer it will lead to decrease of grafting concrete beam flexural strength. From the test results showed that the addition of fly ash does not increase the strength of concrete but the addition of fly ash increase flexural strength of concrete. The longer the time a concrete connection will further reduce the strength of concrete.

Keywords: flexural strength, compressive strength of concrete, fly ash, cold joint

## 1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan bangunan berbahan beton dengan pengerjaan yang lama tentu terdapat sambungan pengecoran beton yang bisa di akibatkan oleh terjadinya *blocking* pada pipa *concrete pump*, kerusakan jalur *mixer* yang dapat memperlambat proses pengecoran, jarak *batching plan* dengan lokasi yang terlalu jauh, dan juga karena kapasitas *Batching Plan* yang tidak dapat memenuhi permintaan pengecoran. Sehingga terbentuk lapisan beton yang non homogen akibat pengecoran dengan rentang waktu yang lama antara lapisan awal dengan lapisan beton berikutnya. Pada saat pembukaan bekisting akan terlihat alur pada beton tersebut yang disebut dengan kondisi *cold joint*. Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah *fly ash*. *Fly ash* mempunyai kadar bahan semen yang tinggi yang berupa silika dan mempunyai sifat pozzolanik sehingga diharapkan mampu meningkatkan kekuatan beton dalam kondisi *cold joint*.

Dari uraian diatas tersebut beberapa masalah yang akan dikaji adalah berapa kuat tekan dan kuat lentur beton normal, pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton normal, pengaruh waktu pengecoran terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton *cold joint* dengan bahan tambah *fly ash*

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui kuat lentur dan kuat tekan beton normal, untuk mengetahui pengaruh *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada beton normal, untuk mengetahui pengaruh waktu pengecoran terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton *cold joint* dengan bahan tambah *fly ash*.

Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pengaruh *cold joint* dengan bahan tambah *fly ash*. Penelitian ini perlu adanya suatu batasan masalah supaya pembahasan tidak meluas kemana-mana. Adanya bahan dan batasan penelitian dapat dirinci sebagai berikut :

- 1.1. *Portland Cement* yang dipakai adalah Semen Gresik.
- 1.2. Pasir / Agregat halus yang digunakan berasal dari Merapi.
- 1.3. Agregat Kasar / Split yang digunakan berasal dari Boyolali.
- 1.4. *Fly ash* yang digunakan berasal dari Jaya Readymix Sukoharjo.
- 1.5. Persentase fly ash yang digunakan sebesar 30% terhadap semen.
- 1.6. Beton sampel menggunakan mutu ( $f'_c$ ) = 25 MPa.

- 1.7. Metode *Mix design* yang digunakan adalah ACI.
- 1.8. Pengujian kuat lentur menggunakan benda uji balok beton dengan ukuran lebar 15 cm, tebal 15 cm, dan panjang 53 cm.
- 1.9. Pengujian tekan berupa silinder beton  $\phi 15$  cm dan  $h = 30$  cm.
- 1.10. Waktu pengujian silinder dan balok beton pada umur 28 hari.
- 1.11. Pembuatan sampel dengan beberapa perbedaan waktu ikat (Setting Time) untuk cold joint adalah 0 menit, 45 menit, 75 menit, 120 menit, dan 180 menit.
- 1.12. Jumlah benda uji kuat lentur tiap waktu ikat untuk cold joint adalah 3 buah dan untuk beton normal sebagai pembanding adalah 3 buah.
- 1.13. Jumlah benda uji kuat tekan untuk mengetahui mutu beton adalah 3 buah dan untuk beton normal sebagai pembanding adalah 3 buah.
- 1.14. Pelaksanaan pengujian kuat lentur dan kuat tekan dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebelumnya dapat digunakan sebagai pertimbangan dan acuan seperti pada penelitian Yunus (2010), beton dengan campuran *fly ash* 15%, 20%, 25%. Penentuan komposisi *fly ash* yang tepat untuk mendapatkan kuat tekan dan kuat lentur optimum belum tercapai.

Kemudian pada penelitian dari Alfian (2014) penambahan persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 30% pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan tertinggi dan belum terdapat grafik penurunan. Dan nilai kuat tekan terendah pada persentase abu terbang (*fly ash*) sebesar 70% pada umur 7 hari. Sehingga kadar *fly ash* 30 % adalah yang terbaik. Pada penelitian Widodo (2013) juga menunjukkan bahwa abu terbang dengan persentase 30% menghasilkan kuat tekan paling baik.

Pada penelitian Rathi (2013) pada jurnal yang berjudul “ *Effect of Cold Joint on Strength of Concrete* “ didapatkan acuan rentang waktu yang digunakan untuk beton *cold joint* saat penuangan adukan yang pertama dan yang kedua



adalah 45 menit, 75 menit, 120 menit, dan 180 menit. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini berupa kuat tekan beton, kuat tarik, dan kuat lentur.

### **3. METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini dilaksanakan terbagi atas empat tahap, seperti yang digambarkan bagan alir tahapan penelitian pada Gambar 1.

#### **3.1. Tahap I : Persiapan alat dan bahan**

Pada tahap ini dipersiapkan bahan dan peralatan yang akan diperlukan dalam penelitian, diantaranya bahan-bahan penyusun beton serta peralatan baik untuk pembuatan benda uji dan alat-alat pengujian.

#### **3.2. Tahap II : Pemeriksaan bahan**

Sebelum dilakukan pembuatan campuran beton maka pada tahap ini dilakukan uji bahan dasar beton yang berupa agregat kasar dan halus. Pemeriksaan ini meliputi pengujian kandungan lumpur pasir, pengujian kandungan bahan organik pasir, pengujian *SSD* pasir, pemeriksaan *specific gravity* dan *absorpsi* pasir dan batu pecah, pengujian gradasi pasir dan batu pecah, pemeriksaan berat satuan volume batu pecah, pengujian keausan batu pecah.

#### **3.3. Tahap III : Penyediaan benda uji**

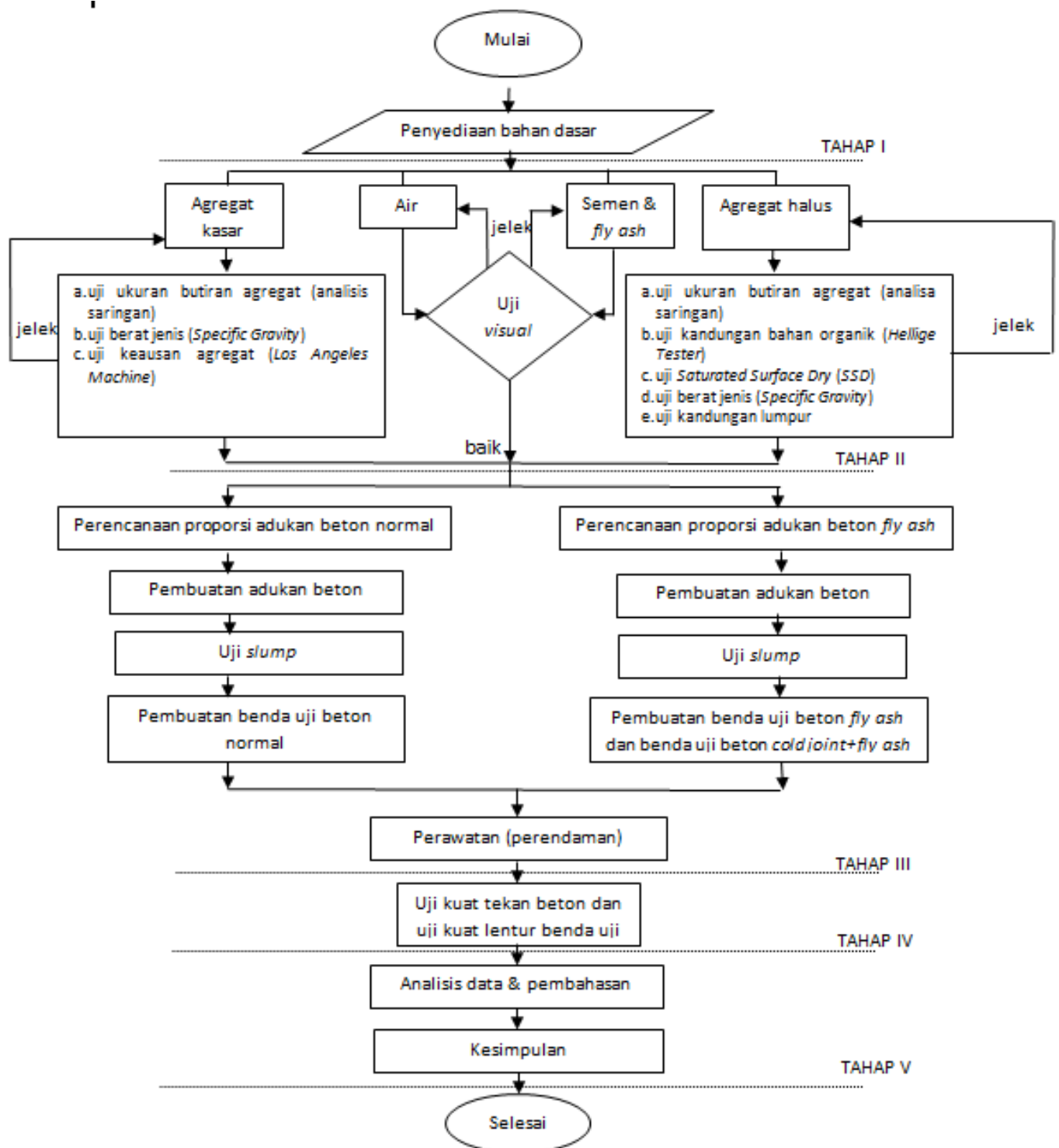
Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton dihitung dengan menggunakan Metode *American Concrete Institute* (ACI).

#### **3.4. Tahap IV : Pelaksanaan pengujian**

Pada tahapan ini dilakukan pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton benda uji yang dilakukan setelah beton berumur 28 hari.

#### **3.5. Tahap V : Analisis data dan kesimpulan**

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap IV dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan dan saran penelitian.



Gambar 1. Bagan alir tahapan penelitian

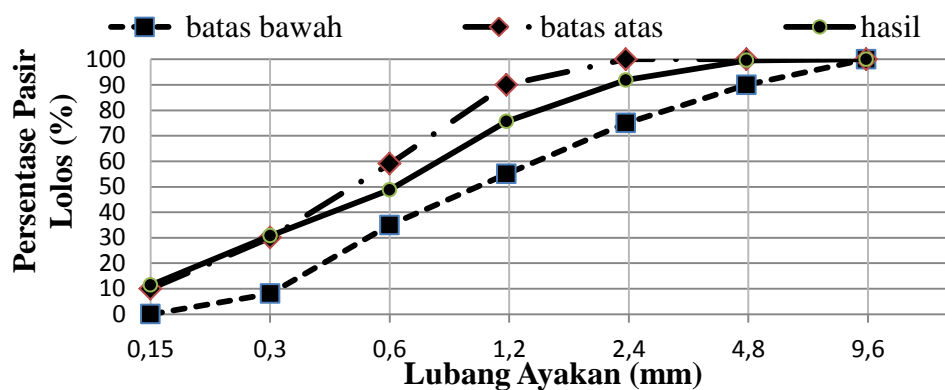
#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan keseluruhan tahapan penelitian, maka didapat hasil penelitian sebagai berikut :

##### 4.1. Pengujian agregat halus

Tabel 1. Hasil pengujian terhadap agregat halus

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan pasir	Satuan
Berat jenis <i>bulk</i>	2,46	t/m <sup>3</sup>
Berat jenis SSD	2,58	t/m <sup>3</sup>
Berat jenis semu	2,78	t/m <sup>3</sup>
Penyerapan ( <i>absorpsi</i> )	4,60	%
Kandungan lumpur	3,92	%
Kandungan organik	No.2	-
<i>Saturated surface dry</i>	3,77	Cm
Modulus halus butir	2,42	-



Gambar 2. Gradasi Pasir

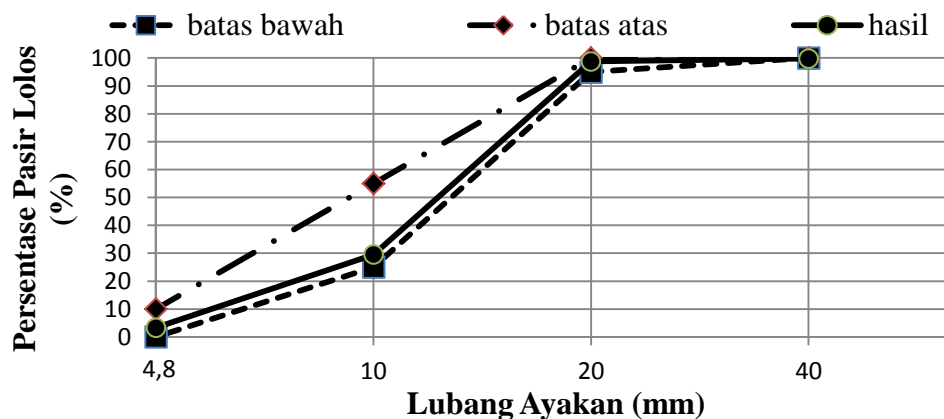
Dari semua hasil pengujian agregat halus, nilai penyerapan terhadap air (*absorpsi*) sebesar 4,60 % tidak memenuhi syarat, sehingga agar pasir dapat digunakan untuk campuran beton harus selalu dalam kondisi SSD bahan sebagai bahan penyusun beton. Maka dari itu, agregat halus yang berasal dari Merapi dapat dipakai dalam campuran adukan beton pada penelitian ini. Adapun data-data

yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran adukan beton berdasar data-data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan.

#### 4.2. Pengujian agregat kasar

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat kasar

Jenis pemeriksaan	Hasil pemeriksaan	Satuan
Berat jenis bulk	2,65	t/m <sup>3</sup>
Berat jenis SSD	2,72	t/m <sup>3</sup>
Berat jenis semu	2,77	t/m <sup>3</sup>
Absorpsi	1,00	%
Keausan agregat	37,80	%
Modulus halus butir	6,94	-



Gambar 3. Gradasi Kerikil

Dari semua hasil pengujian agregat kasar semua memenuhi syarat bahan sebagai bahan penyusun beton. Maka dari itu, agregat kasar yang berasal dari Boyolali dapat dipakai dalam campuran adukan beton pada penelitian ini. Adapun data-data yang akan digunakan dalam perhitungan perencanaan campuran adukan beton berdasar data-data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan.

#### 4.3. Perencanaan campuran beton

Agar diperoleh hasil adukan beton yang baik, diperlukan suatu metode perencanaan campuran yang sudah distandarkan. Pada penelitian ini metode perencanaan campuran beton menggunakan standar *American Concrete Institute (ACI)*,

Tabel 3. *Mix design* beton

Spesifikasi <i>mix design</i>	Satuan	Nilai rencana
Mutu beton ( $f'_c$ )	MPa	25
Slump	cm	2,54 – 10,16
Faktor air semen	-	0,5
Jumlah air per $m^3$	liter	204
Jumlah semen per $m^3$	kg	408
Jumlah pasir per $m^3$	kg	706
Jumlah kerikil per $m^3$	kg	1056

#### 4.4. Hasil pengujian *slump*

Tabel 4. Hasil pengujian nilai *slump* dengan fas 0,5

fas	Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar <i>fly ash</i> (%)	Nilai <i>slump</i> (cm)	Nilai <i>slump</i> rencana (cm)
0,5	S1	0	0	7	7,5
	S2	0	30	7,5	
	S3	45	30	7,2	
	S4	75	30	6,7	
	S5	120	30	8	
	S6	180	30	7,5	

Dari hasil pengujian *slump*, nilai *slump* antara 6,7-8 cm, sehingga campuran adukan beton sudah memenuhi syarat. Karena nilai *slump* yang direncanakan adalah 2,54 – 10,16 cm. Kode benda uji menunjukkan pengujian untuk tiap-tiap pengecoran dengan perbedaan waktu sambungan dan juga kadar *fly ash*.



#### 4.5. Pengujian Berat Volume

Tabel 5. Hasil pengujian berat volume beton

Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar fly ash (%)	Berat volume rata-rata
S1	0	0	2,332
S2	0	30	2,338
S3	45	30	2,356
S4	75	30	2,333
S5	120	30	2,375
S6	180	30	2,356

Berdasarkan dari hasil perhitungan berat jenis benda uji pada Tabel V.5 diperoleh berat jenis dengan variasi beton normal dan beton *fly ash* kadar 30% dengan waktu ikat 0 menit, 45 menit, 75 menit, 120 menit, 180 menit untuk beton yaitu 2,332; 2,338; 2,355; 2,333; 2,375; 2,356 gr/cm<sup>3</sup>. Berat volume sesuai dengan berat bahan yang digunakan dengan berat total 2374 kg.. Beton ringan mempunyai berat sekira 1,900 gr/cm<sup>3</sup> atau berdasarkan kepentingan penggunaan struktur berkisar antara 1,440- 1,850 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan beton berat mempunyai berat isi lebih besar dari beton normal ataulebih besar dari 2,400 gr/cm<sup>3</sup> [Mulyono T, 2003].

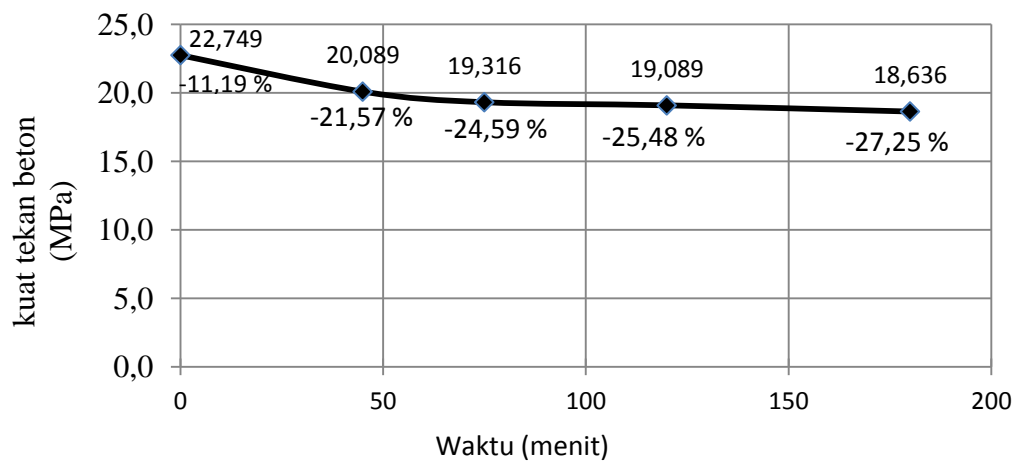
#### 4.6. Pengujian Kuat Tekan

Tabel 6. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

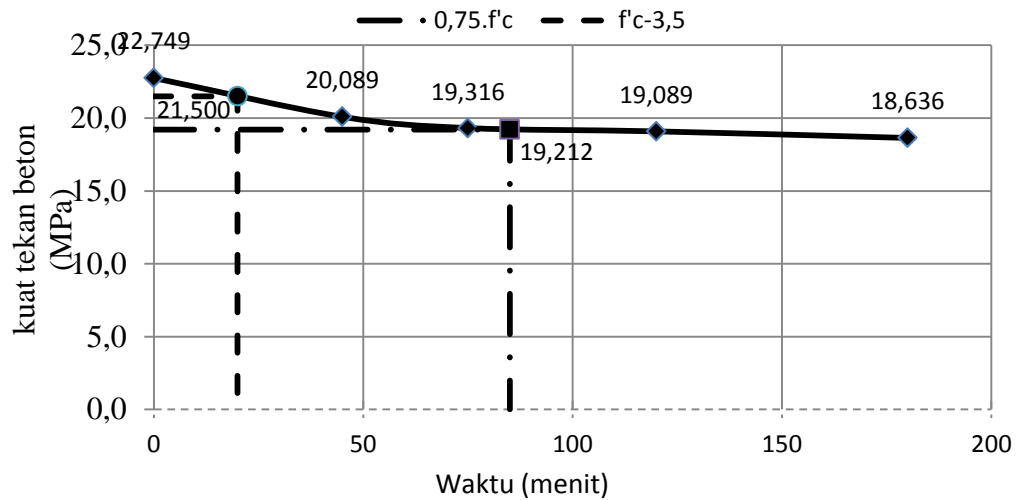
Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar fly ash (%)	Luas permukaan benda uji (cm <sup>2</sup> )	Tekanan maksimum (kg)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
C1	0	0	176,715	40000	226,354	22,635	25,616
				44000	248,989	24,899	
				51800	293,128	29,313	

Tabel 6. (Lanjutan)

Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar fly ash (%)	Luas permukaan benda uji (cm <sup>2</sup> )	Tekanan maksimum (kg)	Kuat tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat tekan (MPa)	Kuat tekan rata-rata (MPa)
C2	0	30	176,715	28800	162,975	16,297	22,749
				47000	265,966	26,597	
				44800	253,516	25,352	
C3	45	30	176,715	36200	204,850	20,485	20,089
				34600	195,796	19,580	
				35700	202,021	20,202	
C4	75	30	176,715	26000	147,130	14,713	19,316
				44400	251,253	25,125	
				32000	181,083	18,108	
C5	120	30	176,715	32400	183,346	18,335	19,089
				34000	192,401	19,240	
				34800	196,928	19,693	
C6	180	30	176,715	29600	167,502	16,750	18,636
				48000	271,624	27,162	
				21200	119,967	11,997	



Gambar 4. Hubungan kuat tekan beton dengan waktu sambungan beton umur 28 hari yang mempunyai kadar *fly ash* 30% beserta persentase penurunan terhadap kuat tekan maksimum.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan beton dengan waktu sambungan beton umur 28 hari yang mempunyai kadar *fly ash* 30% beserta batasan kekuatan minimum yang diizinkan.

Berdasarkan Tabel 6. dan Gambar 4. di atas, kuat tekan beton maksimal berada pada beton normal sebesar 25,616 MPa dan penambahan *fly ash* sebesar 30% menyebabkan penurunan kekuatan seiring dengan semakin lamanya waktu sambungan. Kuat tekan minimum terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 30% dengan waktu sambungan 180 menit sebesar 18,636 MPa.

Berdasarkan gambar 5 diatas, kekuatan tekan minimum berdasarkan syarat-syarat kuat tekan minimum yang dapat digunakan adalah lebih besar dari 21,50 MPa, 19,212 MPa, dan 17,50 MPa. Sehingga pada penelitian ini kuat tekan yang memenuhi syarat kekuatan minimum adalah pada beton normal sebesar 25,616 MPa dan pada penambahan *fly ash* sebesar 30% dengan waktu sambungan 0 menit yang menghasilkan kuat tekan sebesar 22,749 MPa.

#### 4.7. Pengujian Kuat Lentur

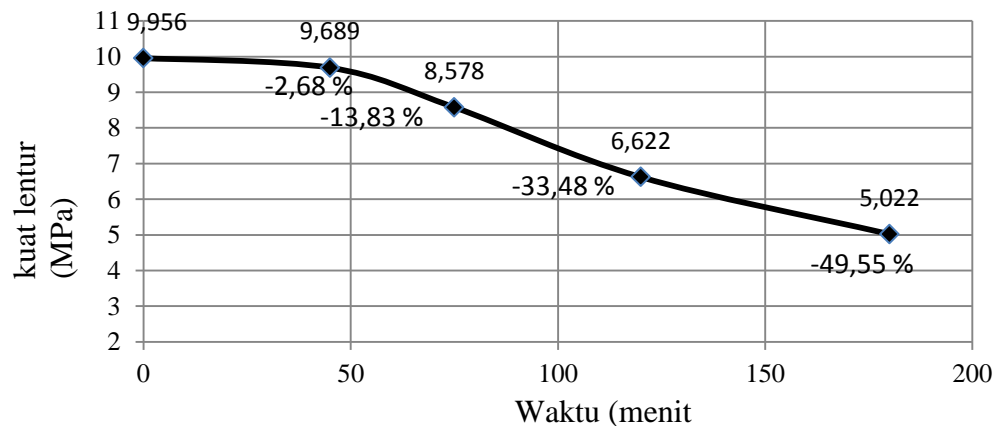
Tabel 7. Hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari

Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar fly ash (%)	Jarak rata-rata lintang patah dari tumpuan luar terdekat (cm)	Tekanan maksimum (kg)	Kuat lentur ( $\text{kg/cm}^2$ )	Kuat lentur (MPa)	Kuat lentur rata-rata (MPa)
B1	0	0	21,75	5000	66,667	6,667	8,400
			19,50	6800	90,667	9,067	
			19,13	7100	94,667	9,467	
B2	0	30	19,63	8200	109,333	10,933	9,956
			23,38	7000	93,333	9,333	
			19,25	7200	96,000	9,600	
B3	45	30	23,38	8000	106,667	10,667	9,689
			22,88	6800	90,667	9,067	
			19,50	7000	93,333	9,333	
B4	75	30	21,88	5600	74,667	7,467	8,578
			26,00	6700	89,333	8,933	
			24,25	7000	93,333	9,333	
B5	120	30	19,13	5200	69,333	6,933	6,622
			25,13	5200	69,333	6,933	
			24,88	4500	60,000	6,000	
B6	180	30	20,13	5100	68,000	6,800	5,022
			22,13	3200	42,667	4,267	
			26,50	3000	40,000	4,000	

Tabel 8. Daerah patahan dan rumus kuat lentur yang digunakan

Kode Benda Uji	Waktu Sambungan (menit)	Kadar fly ash (%)	Jarak rata-rata lintang patah dari tumpuan luar terdekat (cm)	Daerah patahan	Rumus
B1	0	0	21,75	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			19,5	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			19,125	Di pusat 1/3 L	(III.2)
B2	0	30	19,625	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			23,375	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			19,25	Di pusat 1/3 L	(III.2)
B3	45	30	23,375	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			22,875	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			19,5	Di pusat 1/3 L	(III.2)
B4	75	30	21,875	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			26	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			24,25	Di pusat 1/3 L	(III.2)
B5	120	30	19,125	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			25,125	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			24,875	Di pusat 1/3 L	(III.2)
B6	180	30	20,125	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			22,125	Di pusat 1/3 L	(III.2)
			26,5	Di pusat 1/3 L	(III.2)





Gambar 6. Hubungan kuat lentur dengan waktu sambungan beton pada umur 28 hari.

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 6 di atas, hasil pengujian kuat lentur balok beton pada beton normal menghasilkan kuat lentur sebesar 8,400 MPa. Pada penambahan *fly ash* sebesar 30% tanpa sambungan menghasilkan kuat lentur balok sebesar 9,956 MPa yang merupakan kuat lentur maksimum atau meningkat 18,52 % daripada beton normal. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kuat lentur beton sebesar 18,52 % karena *fly ash* meningkatkan kelecakan beton dan meningkatkan durabilitas beton. Setelah variasi penambahan *fly ash* 30% dengan waktu sambungan lebih dari 0 menit kekuatan beton cenderung mengalami penurunan. Dengan demikian, semakin lama waktu penyambungan beton akan menyebabkan penurunan kuat lentur balok.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1). Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa Kuat tekan beton maksimal berada pada beton normal sebesar 25,616 MPa dan Dari hasil pengujian kuat lentur balok beton pada beton normal menghasilkan kuat lentur sebesar 8,400 MPa.
- 2). Pada penambahan *fly ash* sebesar 30% tanpa sambungan menghasilkan kuat tekan sebesar 22,749 MPa atau menurun sebanyak 11,19 % terhadap kuat

tekan maksimum dan menghasilkan kuat lentur balok sebesar 9,956 MPa yang merupakan kuat lentur maksimum atau meningkat 18,52 % daripada beton normal. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* tidak menambah kekuatan tekan beton tetapi penambahan *fly ash* meningkatkan kekuatan lentur beton.

- 3). Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyambungan beton akan menyebabkan penurunan kuat lentur balok dan kuat tekannya. Kuat tekan minimum terjadi pada sambungan 180 menit sebesar 18,636 MPa atau menurun sebanyak 27,25 % terhadap kuat tekan maksimum, sedangkan kuat lentur minimum terjadi pada penambahan *fly ash* sebesar 30% dengan waktu sambungan 180 menit sebesar 5,022 MPa atau menurun sebanyak 49,55 % terhadap kuat lentur maksimum
- 4). Kekuatan tekan minimum berdasarkan syarat-syarat kuat tekan minimum yang dapat digunakan adalah lebih besar dari 21,50 MPa, 19,212 MPa, dan 17,50 MPa. Sehingga pada penelitian ini kuat tekan yang memenuhi syarat kekuatan minimum adalah pada beton normal sebesar 25,616 MPa dan pada penambahan *fly ash* sebesar 30% dengan waktu sambungan 0 menit yang menghasilkan kuat tekan sebesar 22,749 MPa.

## 5.2. Saran

Untuk mendapatkan kuat tekan dan kuat lentur maksimum dengan adanya penambahan *fly ash*, hal yang perlu diperhatikan antara lain :

- 1). Pemakaian bahan dasar beton harus memiliki kualitas yang baik.
- 2). Pemakaian *fly ash* jangan sampai tercampur oleh material lain.
- 3). Pada pembuatan benda uji, permukaan sebaiknya dibuat serata mungkin sehingga pada saat pengujian tidak mempengaruhi hasil pengujian.
- 4). Perlu dilakukan pengembangan penelitian dengan variasi beton normal dibandingkan dengan beton *fly ash* yang sama-sama memiliki perbedaan waktu ikat *cold joint*. Karena pada penelitian ini hanya meninjau beton *fly ash* dengan perbedaan waktu ikat *cold joint* dengan pembanding beton normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, H.U. et al. 2014. *Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) dari PLTU II Sulawesi Utara sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton*. Manado: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Nawi, E.G. et al. 2010. *Beton Bertulang Sebuah Pendekatan Mendasar (jilid1)*. Surabaya: ITS press.
- Nugraha, P., dan Antoni, 2007. *Teknologi Beton Dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Rathi, V.R., dan Kolase, P.K., 2013. *Effect of Cold Joint on Strength of Concrete. PG Scholar, Department of Civil Engineering PREC, Loni, India*.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,
- Widodo, K. et al. 2013. *Pengaruh Penggunaan Abu Terbang Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Reactive Powder Concrete*. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara.
- Yunus. 2010. *Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash Sebagai Bahan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.